

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE MEDICINA



**"IMPRESIÓN 3D DEL CONDUCTO CÍSTICO Y SUS VARIANTES ANATÓMICAS
PARA EL ENTRENAMIENTO DE CIRUGÍA LAPAROSCÓPICA CON
ENDOTRAINER"**

Por:

DR. CLAUDIO ALBERTO CASAS MURILLO

**Como requisito para obtener el grado de
ESPECIALISTA EN RADIOLOGÍA E IMAGEN.**

DICIEMBRE 2020

**"IMPRESIÓN 3D DEL CONDUCTO CÍSTICO Y SUS VARIANTES ANATÓMICAS PARA
EL ENTRENAMIENTO DE CIRUGÍA LAPAROSCÓPICA CON ENDOTRAINER"**

Aprobación de la tesis:



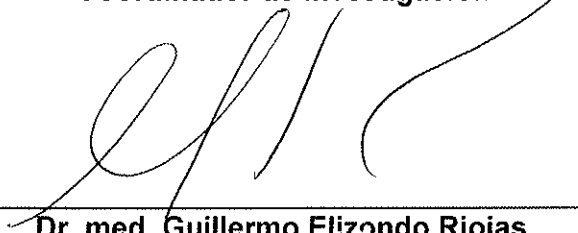
Dr. Matías Salinas Chapa
Director de la tesis



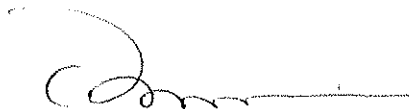
Dr. Matías Salinas Chapa
Coordinador de enseñanza



Dr. Mario Alberto Campos Coy
Coordinador de investigación



Dr. med. Guillermo Elizondo Riojas
Jefe de Servicio o Departamento



Dr. med. Felipe Arturo Morales Martínez
Subdirector de Estudios de Posgrado

DEDICATORIA Y/O AGRADECIMIENTOS

A Dios por iluminar mi camino cada día para seguir adelante, y así poder cruzarlo hasta llegar a donde estoy.

A mi tierra materna, Honduras, por brindarme los primeros años de mi vida y las armas necesarias para poder llegar a hasta aquí.

A mi familia, en especial a mi mamá, no se que sería de mi, si no fueses tu mi madre Sara.

A mi esposa y su apoyo ciego e incondicional, por creer en mí, en nosotros y en nuestras metas.

A cada uno de mis maestros, que me abrieron las puertas desde el primer día, por su paciencia, enseñanzas y su calidez.

A mis hermanos sanguíneos y mis nuevos hermanos que han nacido en esta corta aventura que llamamos Residencia.

A todo el personal del Hospital Universitario "José Eleuterio Gonzales", asistencial y administrativo, que me hicieron sentir en casa.

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo I	
1. RESUMEN	1
Capítulo II	
2. INTRODUCCIÓN	3
Capítulo III	
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
Capítulo IV	
4. JUSTIFICACIÓN	11
Capítulo V	
5. HIPÓTESIS ALTERNA Y NULA... ..	12
Capítulo VI	
6.OBJETIVOS.	13
Capítulo VII	
7.MATERIAL Y MÉTODOS	14
Capítulo VIII	
8.RESULTADOS.....	33
Capítulo IX	

	9.DISCUSIÓN	42
Capítulo X		
	10. CONCLUSIÓN.....	44
Capítulo XI		
	11. BIBLIOGRAFÍA.....	46
Capítulo XII		
	12. RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO.....	48
Capítulo XIII		
	13. ANEXOS.....	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1

Costos totales de producción de los modelos para la cirugía laparoscópica Con Endotrainer	17
--	----

Tabla 2

Parámetros de peso y volumen según material necesario para la creación de los moldes en estudio.....	29
---	----

Tabla 3

Realismo en general y recomendar el equipo para el entrenamiento en la primera aplicación del cuestionario.....	36
--	----

Tabla 4

Realismo en general y recomendar el equipo para el entrenamiento en el segundo momento del estudio	40
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1

Guía metodológica para la validación de los moldes impresos para el
entrenamiento de cirugía laparoscópica con Endotrainer16

Figura 2

Endotrainer de bajo costo con puertos para la introducción de las pinzas
laparoscópicas.....18

Figura 3

Proceso de adquisición de la vía y vesícula biliar de caucho de silicón a
través de un estudio de imagen.....20

Figura 4

Posicionamiento y colocación de tejido de sostén según recomendaciones
de especialista en el procedimiento quirúrgico.....21

Figura 5

Diferencias entre los modelos después de la aplicación del Primer cuestionario.....	23
--	----

Figura 6

Modelo final. Simulación de la colecistectomía laparoscópica	24
--	----

Figura 7.

Procesamiento del contorno del hígado para la impresión 3D.....	25
---	----

Figura 8.

Tejido conectivo derretido sobre los moldes de la vía biliar.....	29
---	----

Figura 9.

Sensación del tejido en los moldes en el primer momento del estudio.....	34
--	----

Figura 10.

Fuerza tensora en los moldes en el primer momento del estudio.....	35
--	----

Figura 11.

Recomendaciones a los modelos para la colecistectomía laparoscópica en el primer momento del estudio.....	37
--	----

Figura 12.

Sensación del tejido en el segundo momento del estudio.....38

Figura 13.

Fuerza tensora de los moldes en el segundo momento del estudio.....39

Figura 14.

Recomendaciones a los modelos para la colecistectomía laparoscópica
en el segundo momento del estudio.....41

LISTA DE ABREVIATURAS

3D: Tercera Dimensión

RSNA: Sociedad Radiológica de Norteamérica.

DICOM: Digital Imaging and Communication On Medicine.

STL: Estereolitografía

ABS: Acrilonitrilo Butadieno Estireno

PLA: Ácido poliláctico.

SPPC: Scanning Printing Polishing Casting

CPRM: colangiopancreatografía por resonancia magnética

MISTELS: The McGill Inanimate System for Training and Evaluation of Laparoscopic Skills.

MDF: Modelado por deposición fundida.

LAPA-PRO: Simulador Laparoscópico de visualización directa.

CAPITULO I

RESUMEN

La impresión 3D a través de imágenes DICOM generadas e interpretadas por los radiólogos para el planeamiento quirúrgico obliga al radiólogo estar familiarizado con las técnicas, materiales y la tecnología usada para la creación de modelos anatómicos 3D. La colecistectomía laparoscópica es uno de los procedimientos quirúrgicos más realizados por los cirujanos generales, en sus dificultades están las múltiples variantes anatómicas que el conducto cístico puede tener. El entrenamiento de la cirugía laparoscópica con Endotrainer es una herramienta útil para disminuir la curva de aprendizaje de los cirujanos en entrenamiento. Es necesario validar la impresión de variantes anatómicas de modelos de la vía biliar para proveer una herramienta que ayude al entrenamiento quirúrgico, y así intentar a disminuir la morbilidad del procedimiento.

Objetivo General

Determinar los métodos de impresión 3D para la creación de un molde anatómico del conducto cístico y sus variantes anatómicas adecuados para el entrenamiento de la colecistectomía laparoscópica con un endotrainer.

Materiales y métodos

Fue un estudio observacional, descriptivo y prospectivo de desarrollo de un producto tecnológico validado por los residentes de Cirugía general de 4to y 5to año del Hospital Universitario "José Eleuterio González" de la Universidad Autónoma de Nuevo León, entre los años 2019 y 2020. Se aplicó un cuestionario en dos momentos del estudio utilizando el diseño metodológico de investigación para el desarrollo de tecnologías, valorando la fuerza tensora, la sensación del tejido, el realismo en general y si recomienda el prototipo para el entrenamiento, así como un espacio para recomendaciones.

Resultados

Se analizaron los resultados obtenidos de 13 cirujanos con experiencia en el proceso quirúrgico en dos momentos del estudio. Al finalizar del estudio, para los modelos creados, los cirujanos estuvieron muy de acuerdo o de acuerdo para la sensación del tejido en un 100%, para la fuerza tensora en un 92%, el realismo en general un 92% y el 92% de los cirujanos estuvieron muy de acuerdo en recomendar el equipo.

Conclusiones

La impresión 3D es una herramienta de la Radiología que puede utilizarse para adquirir moldes anatómicos del conducto cístico y la vía biliar adecuados para la simulación de la colecistectomía laparoscópica con Endotrainer.

CAPITULO II

INTRODUCCIÓN

La impresión 3D inicia desde 1984 cuando Charles Hull inventa el método de la estereolitografía (SLA), proceso que estaba orientado a maquetas para la prueba de prototipos antes de su fabricación en cadena, la técnica más tarde desarrollada fue la de "Modelado por deposición fundida" (FDM), que consistía en la creación de objetos tridimensionales mediante la superposición de capas de material fundido que posteriormente se solidificaba, esto disminuyó mucho los costos y permitió a pequeños talleres no industriales hacer uso de la tecnología para fines propios. Durante las siguientes décadas se fueron desarrollando varios nuevos métodos de impresión y no es hasta el 2005 que *Dr. Bowyer de la Universidad de Bath, Reino Unido*, desarrolla una impresora 3D con capacidad de imprimir casi la totalidad de las piezas que la componen, hecho que constituye la entrada del código abierto en la historia de la impresión tridimensional y un gran paso hacia su normalización en el mercado.(10) Su aplicación en medicina ha obligado la aparición de los "Laboratorios de impresión 3D" en radiología, obligando un conocimiento adicional para el uso y manejo para general formatos únicos de impresión reconocidos por las impresoras 3D, con el tiempo se espera que estas habilidades sean incorporadas dentro de los programas de entrenamiento e implementadas con el uso de software que se integre mejor al sistema de trabajo en la radiología, con el fin de mejorar la calidad y personalizar la atención a cada paciente. Los radiólogos que se entrenen y adopten los conceptos de la ingeniería para el diseño de prototipos estarán listos para ser miembros integrales de futuros equipos que le darán forma a este nuevo campo de la radiología. Una desventaja de la implementación de la impresión 3-D es que la inversión es mucho mayor a

los ya conocidos laboratorios de visualización 3D, inversión que se suma al tiempo que el radiólogo debe adaptar de su ya ocupada agenda para poder mantenerse líder en la innovación de este campo dinámico (1), a pesar de esto, de acuerdo al *Wohlers Report 2013*, existe un notable aumento en el crecimiento de los ingresos del mercado de la impresión 3D, demostrado al comparar el previo crecimiento anual sumado de todos los productos hechos en relación a la impresión 3D en 25 años antes del 2010, de 25%, con el crecimiento de solo dos años entre el 2010 y el 2012, de 27%, datos que podrían beneficiar al desarrollo de esta rama ofreciendo ingresos para la sostenibilidad de la misma. (11)

La literatura a la fecha que sustenta el uso de la impresión 3D en medicina está basada en su mayoría por reportes de caso, mientras estudios más complejos empiezan a salir, más trabajos con enfoque en beneficios clínicos son necesarios para formar guías basadas en evidencia y ofrecer reembolsos. En el 2013, la sociedad radiológica de Norteamérica (RSNA) lanzó un programa educacional en entrenamiento para la impresión 3D, y designó impresión 3D como una subcategoría para su junta científica anual bajo las categorías de presentaciones científicas, ciencia aplicada y exhibiciones educativas. (1)

La utilidad de la impresión 3D en aplicaciones quirúrgicas ha crecido de manera exponencial desde el 2011; *Don Hoang et cols*, en una revisión de las aplicaciones de la impresión 3D en todos los campos quirúrgicos por medio del buscador de PubMed, encontrando 442 resultados, con el crecimiento mayor en especialidades craneofaciales, oro maxilofaciales y cardiorácicas. (8)

Un modelo 3D impreso desde imágenes de DICOM representa la progresión natural y evolución de la visualización 3D, a medida la tecnología se vuelve más accesible, la demanda para el planeamiento con el uso de la impresión 3D está lista para aumentar. Los Radiólogos que dominen esta tecnología de forma temprana ayudarán a definir las indicaciones clínicas apropiadas, desarrollarán herramientas para la impresión 3D y avanzarán lo último más innovador de la medicina. (1)

La impresión 3D a través de imágenes DICOM generadas e interpretadas por los radiólogos para el planeamiento quirúrgico y la creación de implantes provee información en detalle y tangible sobre estados anatómicos y patológicos, es obligatorio que el radiólogo este familiarizado con las técnicas, materiales y la tecnología usada para la creación de modelos anatómicos 3D. (1)

El procesamiento de imágenes DICOM en la impresión 3D consiste en una serie de pasos para el refinamiento de la imagen y su conversión en archivo STL (estereolitografía), entre ellos está la reparación de la imagen, el suavizado de los bordes y anexado para el molde final; existen varios softwares especiales para este procedimiento. (1)(2)

Para la creación de moldes impresos 3D, el hardware con extrusión de materiales se considera el método más conocido y económico, consiste en depositar múltiples capas de plástico, polímero o metal en una plataforma de construcción que posteriormente solidifican. Sus materiales termoplásticos específicos son el ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno) y PLA (ácido poliláctico). Se han descrito formas para fabricar modelos anatómicos de tejido blando en disciplinas como la rehabilitación maxilofacial, un ejemplo es el Scanning Printing Polishing Casting (SPPC) que consiste en usar moldes hechos desde una impresora 3D para posteriormente aplicarle silicón; esta técnica permite fabricar modelos de estructuras con anatomía compleja a bajo costo. (1)(3)

Las variaciones de la vía biliar son comunes, poder reconocer las variantes anatómicas del conducto cístico es importante para la apropiada interpretación de las patologías y previo a cualquier intervención percutánea, endoscópica y quirúrgica; la colangiopancreatografía por resonancia magnética (CPRM) es el método no invasivo de elección para poder determinar las variantes anatómicas, estudios han indicado que adquirir una CPRM previo al procedimiento tiene un efecto protector de iatrogenias de la colecistectomía laparoscópica.(4)(5)

En un estudio retrospectivo observacional de 198 pacientes *Sarawagi R et col.* describió las características por imagen de las variantes anatómicas del conducto

cístico y su prevalencia en la población en estudio, sus resultados fueron; 53% de pacientes con inserción lateral normal del conducto cístico en el tercio medio del colédoco, 16.1% de pacientes con inserción medial al colédoco, de estos 4% eran de inserción baja, 9% con inserción baja del conducto cístico, 7.5% con curso paralelo del conducto cístico, 2.5% conducto cístico corto y en menos del 1% el conducto cístico drenaba sobre el conducto hepático derecho. (5)

La morbilidad por la cirugía laparoscópica ya ha sido bien estudiada en nuestra población, en el 2013. *Jarquín Arremilla A. et al* realizaron un estudio en donde se incluyeron 386 pacientes que fueron sometidos a colecistectomía en un hospital de alta especialidad quirúrgica en Oaxaca, México, con el fin de comparar la colecistectomía de cuatro puertos y de tres puertos, concluyendo esta última como una técnica que ofrece menor tiempo operatorio y una menor estancia hospitalaria, como parte de los resultados tuvieron dos pacientes con lesión del árbol biliar (0.5%), once pacientes con infecciones superficiales (2.8%), dos pacientes con biliomas residuales (0.5%) y dos más con hernia post-incisional (0.5%). Un paciente falleció por colangitis aguda (0.3%); esto se traduce en mortalidad de 0.3% y morbilidad del 4.9%. (12)

Como parte de la enseñanza quirúrgica en los programas de residencia, para aumentar la práctica dentro de horarios más restringidos, manteniendo los estándares de seguridad del paciente e implementando cirugías mínimamente invasivas, se ha planteado el uso de la simulación. Esta es una solución para disminuir las curvas de aprendizaje y transferir al quirófano las competencias adquiridas de los programas de entrenamiento, por lo que debe de ser incorporada en los programas de medicina de pregrado y posgrado que deseen entrenamiento y aprendizaje continuo. Se ha demostrado que los programas simulados son más rentables que el entrenamiento convencional exclusivo, mejorando el rendimiento de un programa de formación quirúrgica. (6)

Parte de los instrumentos para la simulación de la colecistectomía laparoscópica es la realización de ejercicios en caja entrenadora, utilizando el sistema Inanimado McGill (MISTELS) de capacitación y evaluación de habilidades laparoscópicas,

este consiste en tareas estandarizadas en una caja entrenadora utilizando un sistema óptico, valorando velocidad y precisión, este sistema ha demostrado que 15 a 20 minutos de calentamiento, hacen una reducción global del 33% de los errores en series de ejercicios que simulan habilidades quirúrgicas.(7)

Tras la aceptación generalizada de las técnicas mínimamente invasivas y la necesidad del desarrollo de habilidades técnicas nuevas, sobre el precepto que el 90% de las colecistectomías se realizan de manera laparoscópica en la actualidad y que esto ha aumentado las complicaciones en comparación a la cirugía abierta en un 0.4 a 2%, *Troncoso-Bacelis A. et al*, desarrollaron entre el 1 de septiembre y 20 de diciembre del 2015 en Ciudad de México, un estudio en el que participaron 16 cirujanos, dividiéndolos en los que tenían más experiencia (más de 150 procedimientos laparoscópicos previos) y los que no, 32 pacientes con colecistectomía laparoscópica programada. Cada cirujano hizo dos colecistectomías laparoscópicas, la primera de forma habitual y la segunda en un diferente día y distinto paciente con un calentamiento 25 minutos previos con un simulador laparoscópico de visualización directa (LAPA-PROMR) mediante ejercicios de entrenamiento basado en el sistema MISTELS, el cual consiste en la ejecución de cinco tareas; transferencia, corte, colocación de bucle de ligadura, nudo extracorpóreo y nudo intracorpóreo, resultando en una disminución tiempo quirúrgico de la cirugía en todos los cirujanos, aunque se documentó un aumento del sangrado de los pacientes con previo calentamiento, especialmente con los cirujanos de menor número de procedimientos previos, los autores sugieren que el tipo de material inerte utilizado en las practicas puede predisponer a mayor movimiento y fuerza para su movilización y realización en comparación con tejidos vivos (6). En otro estudio similar en el hospital universitario de Sant Joan, Tarragona, España, en el 2009, *Morandeira Rivas A et al*, aleatorizaron 48 sujetos, entre ellos 16 cirujanos, con el fin de realizar ejercicios de laparoscopia con una cámara habitual y con una microcámara de bajo costo, dividiéndolos en diferentes evaluaciones y sesiones de entrenamiento, concluyendo que el entrenamiento con un simulador de bajo coste es de utilidad de forma similar al entrenamiento con el sistema convencional para adquirir las habilidades laparoscópicas básicas,

además parte de los resultados demostraron mejoría de los grupos con entrenamiento entre la primera y la segunda evaluación y que los cirujanos presentaron mucho mejor puntuación que los estudiantes en su primera evaluación. (14).

Para llevar a cabo el desarrollo de un producto de innovación tecnológica, se han propuesto metodologías que inician con la investigación generada por la necesidad manifiesta, sus objetivos son reducir los costos y disminuir los tiempos de desarrollo así como conservar las modificaciones y mayor cantidad de cambios posibles en fases iniciales del desarrollo ayudando a que no se requiera postproceso en sus fases posteriores, con un enfoque sistémico e interdisciplinario; *Ramírez-León C.* desarrollo una serie de fases para la creación de un producto, entre ellas son la fase de preliminar de solicitud o encargo, fase cero de conformación del equipo de trabajo, fase uno de construcción y validación del producto, fase dos de definición del concepto del producto, fase tres con el desarrollo formal del producto, las fases cuatro y cinco con la definición de las especificaciones, desarrollo técnico y alistamiento de herramientas, la fase seis contempla la producción, el testeo y análisis de resultado en la fase siete, finalizando la presentación del producto al mercado en la fase ocho.(9)

Anteriormente se han descrito estudios para la evaluación de la calidad de los dispositivos impresos con técnicas 3D; *Premyodhin N et al* evaluaron modelos impresos 3D de válvula mitral para la simulación de la reparación de estas mediante la cirugía robótica, aplicando un formulario con una escala tipo Likert de 5 puntos, (Muy de acuerdo - Muy en Desacuerdo) para recolectar la valoración cualitativa preliminar de los modelos impresos sobre especialistas en el procedimiento, evaluando la sensación del tejido bajo las suturas, durabilidad ,fuerza tensora de los tejidos y el realismo en general (14). De manera similar, *Sunpyo Lee et al*, buscaron determinar la eficacia de un simulador de entrenamiento endoscópico impreso en 3D para biopsias gástricas usando una escala Likert de 7 puntos (Fuertemente de acuerdo - Fuertemente en desacuerdo), valorando si los movimientos en el endoscopio eran realísticos, si el simulador era

fácil de usar, si es razonable el uso del simulador en el entrenamiento endoscópico, si trabajar con un simulador mejora sus habilidades, si el simulador puede entrenar la introducción y posicionamiento del fórceps de biopsia, el manejo del fórceps de biopsia, interacción con el asistente, si la concentración mejora durante el entrenamiento con simulador, si cree que el simulador reducirá el riesgo de los pacientes y si recomendaría el simulador para ser usado en entrenamiento para biopsias, además de esto se midió el tiempo de cada procedimiento según cada cirujano.(15)

CAPITULO III

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hacer una colecistectomía laparoscópica es uno de los requisitos quirúrgicos necesarios para el cirujano general y se considera un procedimiento difícil para los residentes de cirugía general, siendo este mayor cuando se enfrentan a una variante anatómica del conducto cístico.

Las nuevas tecnologías en Radiología como la impresión 3D permiten la planeación quirúrgica sobre pacientes para disminuir la morbilidad.

¿Se puede crear mediante la impresión 3D un molde anatómico del conducto cístico y sus variantes más comunes para el entrenamiento de cirugías laparoscópicas con endotrainer?

JUSTIFICACIÓN

La colecistectomía laparoscópica es una aptitud necesaria para cualquier residente de cirugía general, sus tasas de morbilidad se ven aumentadas cuando se observan variantes anatómicas de la normalidad, al no tener la suficiente experiencia por la falta de práctica quirúrgica sobre dichas variantes.

La mayoría de las variantes de la vía biliar son visualizadas y descritas mediante el estudio de CPRM, aunque debido al costo, no es un requisito para realizar las colecistectomías.

Usar el endotrainer para la simulación de las cirugías laparoscópicas ha demostrado mejoría en la adquisición de habilidades al quirófano, así como mayor entendimiento de la anatomía y los procedimientos a realizar.

En la revisión de la literatura en las nuevas tendencias diagnósticas de la Radiología, sobresale la Impresión 3-D como la solución a múltiples incógnitas médicas y de planeamiento quirúrgico para la disminución de la morbilidad del paciente, y es mediante esta que se desea crear el modelo anatómico del conducto cístico y sus variantes anatómicas para la simulación con un endotrainer, que llene las especificaciones y exigencias de los cirujanos para la práctica quirúrgica, con el fin de poder ser utilizada para disminuir la morbilidad de los pacientes sometidos a la colecistectomía y los costos hospitalarios a largo plazo.

CAPITULO V

HIPOTESIS ALTERNA

No se puede crear mediante impresión 3-D de estudios de imagen un modelo del conducto cístico para el entramiento con Endotrainer de la cirugía laparoscópica que sea adecuado para su práctica.

HIPOTESIS NULA

Se puede crear mediante impresión 3-D de estudios de imagen un modelo del conducto cístico para el entrenamiento con endotrainer de la cirugía laparoscópica que sea adecuado para su práctica.

CAPITULO VI

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar los métodos de impresión 3D para la creación de un molde anatómico del conducto cístico y sus variantes anatómicas adecuados para el entrenamiento de la colecistectomía laparoscópica con un endotrainer.

OBJETIVOS SECUNDARIOS

- Describir la impresión 3D de la vesícula y vía biliar normal para un molde anatómico adecuado para entrenamiento con Endotrainer.
- Describir la impresión 3D de los segmentos hepáticos y duodeno adecuados para el entrenamiento con Endotrainer.
- Describir la impresión 3D del conducto cístico y sus variantes anatómicas adecuados para el entrenamiento con Endotrainer.
- Identificar los materiales de impresión y los costos para la creación de los moldes anatómicos del conducto cístico, vías y vesícula biliar que sean adecuados para el entrenamiento de colecistectomía laparoscópica con Endotrainer.

CAPITULO VII

MATERIAL Y METODOS

Población de estudio

Fue un estudio observacional, descriptivo y prospectivo de desarrollo de un producto validado por los residentes de Cirugía general de 4to y 5to año del Hospital Universitario "José Eleuterio González" de la Universidad Autónoma de Nuevo León, entre los años 2019 y 2021.

Para la selección de sujetos se tomaron en cuenta los siguientes criterios de inclusión:

Médicos residentes que estén cursando cuarto y quinto año del Hospital Universitario "José Eleuterio González" de la Universidad Autónoma de Nuevo León, entre los años 2019 y 2021 y que acepten ser parte de la evaluación del modelo.

Se excluyeron los residentes que no llenaron los dos cuestionarios aplicados durante el estudio.

Para el desarrollo del producto de investigación tecnológica, se utilizó la propuesta metodológica para el desarrollo de productos. (9).

Equipo de trabajo

Equipo de trabajo consistió en;

Departamento de Radiología de Imagen

Investigador principal; Dr. Matías Salinas Chapa.

Co-investigador: Dr. Claudio Alberto Casas.

Jefe de Laboratorio de Impresión 3-D: Dr. Adrián Negreros Osuna.

Departamento de Ingeniería Biomédica.

Dr. Antonio Sánchez Uresti

Ing. Rafael Barrón

Departamento de Cirugía General

Dr. Alejandro Zuñiga Ruiz

Dr. Med. Gerardo Enrique Muñoz Maldonado

Estudiante de Medicina.

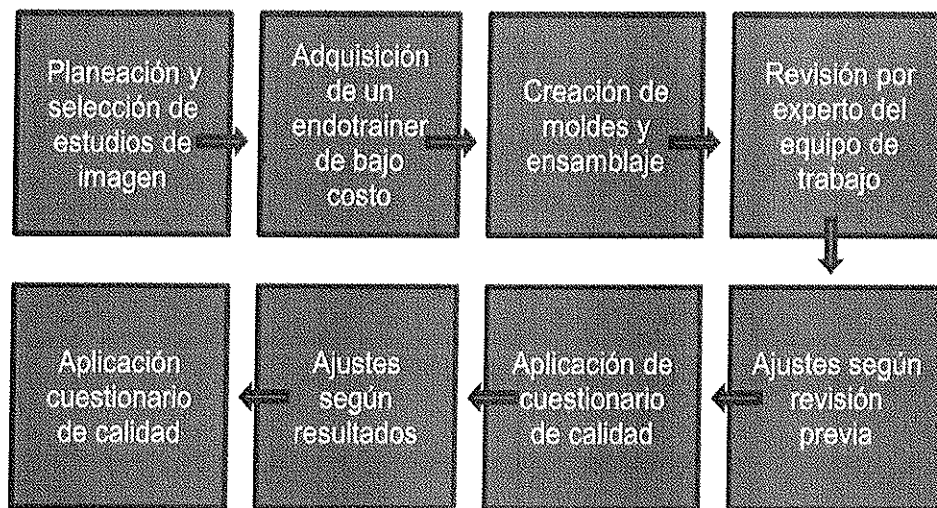
Andoni Gogearcoechea Hernandez

Parámetros para construcción y validación de los modelos.

Mediante los pasos propuestos para el diseño metodológico de investigación para el desarrollo de tecnologías, se trazó un diagrama de trabajo (figura 1). Una vez iniciada la planeación y la selección de los estudios de imagen, se procedió a la impresión de los modelos (hígado, duodeno, vesícula y vía biliar). Posteriormente se adquirió un Endotrainer de bajo costo. Después de la evaluación y ajustes por el personal del equipo de trabajo especialista en el procedimiento, el diseño fue

sometido a evaluación mediante cuestionarios que evalúan la calidad del producto en dos ocasiones, antes de finalizar la investigación.

Figura 1. Guía metodológica para la validación de los moldes impresos para el entrenamiento de cirugía laparoscópica con Endotrainer



Materiales

Los costos de producción fueron los siguientes;

Tabla 1. Costos totales de producción de los modelos para la cirugía laparoscópica con Endotrainer, valor en pesos mexicanos.

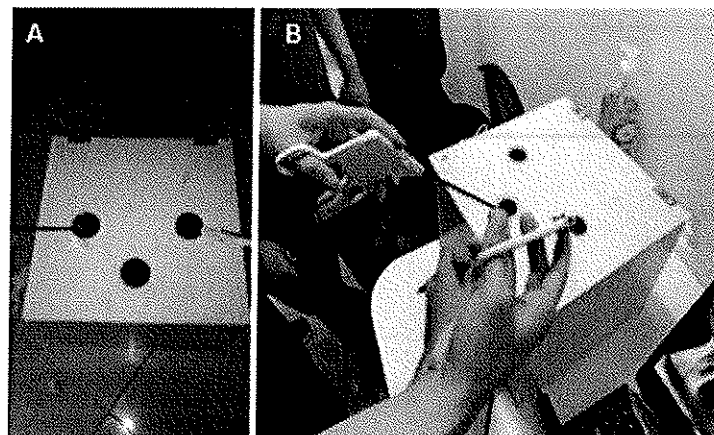
Endotrainer de Bajo costo con Cámara endoscópica con conexión a computadora.	1	2000 \$
Caucho de Silicon p53 y catalizador.	1 kilogramo	1500 \$
Filamento de ABS para la Impresión 3D.	1 rollo.	1550 \$
Pinturas y diluyente	1 bote	200 \$
Pegamento transparente Elmer y solución de líquido mágico para limo de Elmer.	1 galón	750\$
Material para ensamblaje	Variado	50\$
Pinzas para Endotrainer	2	2000\$

Desarrollo Formal

Se escogieron manera retrospectiva la anatomía normal y cuatro variantes anatómicas visualizadas por resonancia magnética de abdomen en el hospital Universitario "José Eleuterio Gonzales" de Monterrey, Nuevo León, determinadas por radiólogo. La secuencia de CPRM fue procesada mediante 3D Slicer Versión 4.8.0.

Se adquirió un endotrainer de bajo costo, con luz con baterías ,cámara endoscópica conectada hacia un monitor y pinzas para la práctica de laparoscopia (figura 2). Se utilizó una estructura metálica para el simulador con dimensiones 40 x 30 x 20 cm (15). Se adaptó con detallados físicos como corte, pulido, perforado de estructura, forrado interno y pintura para su presentación.

Figura 2. Endotrainer de bajo costo con puertos para la introducción de las pinzas laparoscópicas.

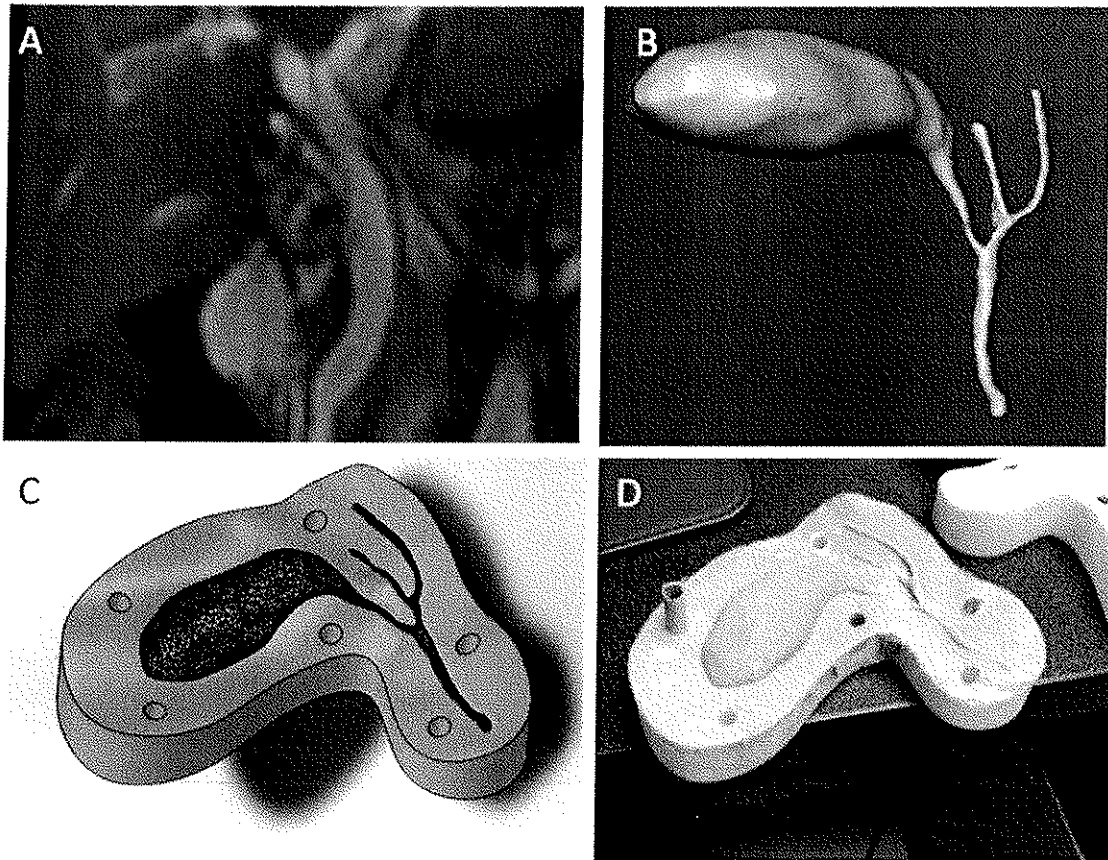


Se realizó un postproceso ya que para la manufactura seleccionada se requiere a los conductos en un mismo plano, de esta manera se pueda crear un modelo que pueda separarse, además se corrigieron errores en la malla del modelo, para esto utilizamos Autodesk Meshmixer TM versión 3.5.474.

Con el modelo tridimensional definitivo de la vía y vesícula biliar se procedió a diseñar en molde para inyección de silicón. Para el diseño se obtuvo un negativo del modelo y se segmentó en dos porciones cortadas por un plano medio, también se agrega un mecanismo de sujeción que consta de orificios en las orillas del molde para colocar tornillos, con ellos ambas piezas se alinean y se fijan, esto se realizó mediante el programa de Solid Works 2019.

Se realizó impresión de los moldes con impresora 3D Zortrax con técnica de extrusión de materiales, con material de impresión de ABS. Para el llenado de los moldes de la vía biliar se usó Caucho de Silicon P-53 Polisil y su catalizador, aplicando disolvente en 30% de concentración al total de mililitros obtenidos, y el colorante deseado, sellando las dos partes del molde con tornillos y dejándolo secar 6 horas. En la figura 3 se aprecia el proceso de la adquisición de la imagen seccional (a), el postproceso en Autodesk Meshmixer (b) la creación del molde en negativo desde el diseño adquirido en Solid Works (c) y el molde ya impreso con la vesícula biliar de caucho de silicón con colorante verde.

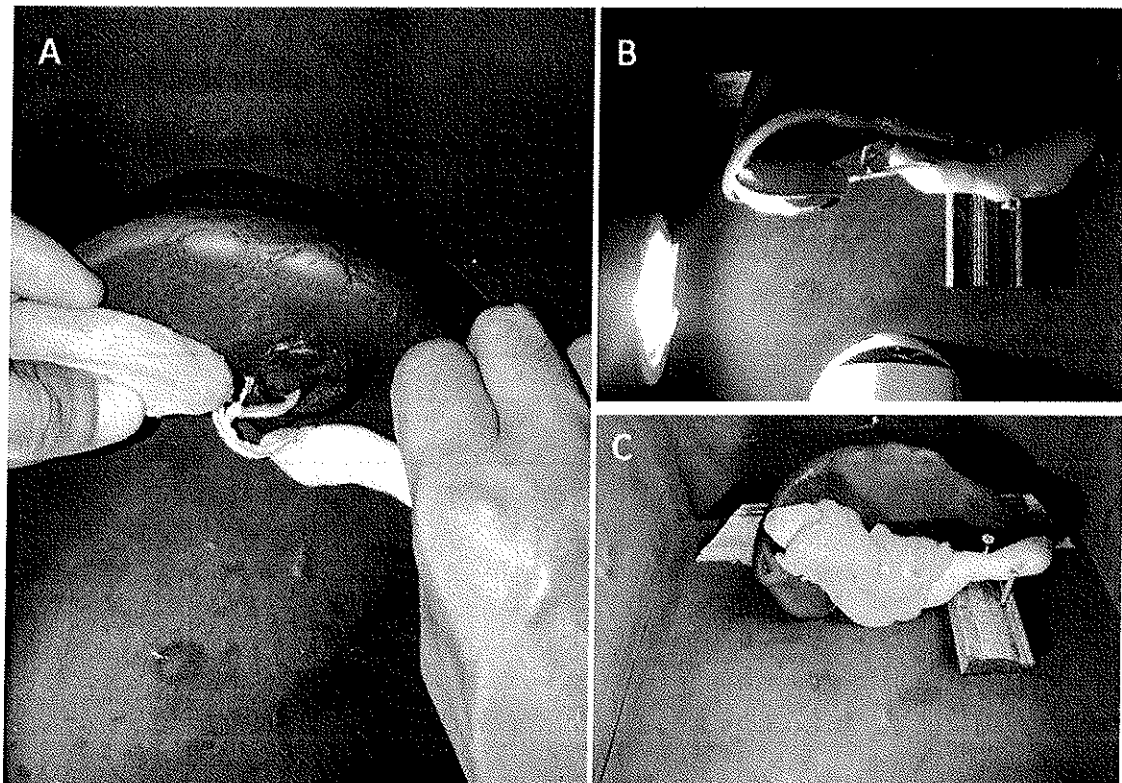
Figura 3. Proceso de adquisición de la vía y vesícula biliar de caucho de silicón a través de un estudio de imagen.



Fueron impresos de con material de ABS solamente los contornos del hígado y duodeno, de modo en que pueda ensamblarse con la vía biliar, manteniéndose adherida al modelo y no se suelte al momento de la evaluación.

Los modelos fueron evaluados por los miembros del equipo de trabajo especialistas en el procedimiento quirúrgico. Por las primeras recomendaciones obtenidas (figura 4), se aplicó por las material para posicionar adecuadamente las estructuras y poder simular el procedimiento (A y B), además, se solicitó el uso de material que simulará el tejido conectivo de sostén para que recrear el proceso de disección, el cual es vital en el entrenamiento quirúrgico (C).

Figura 4. Posicionamiento y colocación de tejido de sostén según recomendaciones de especialista en el procedimiento quirúrgico.

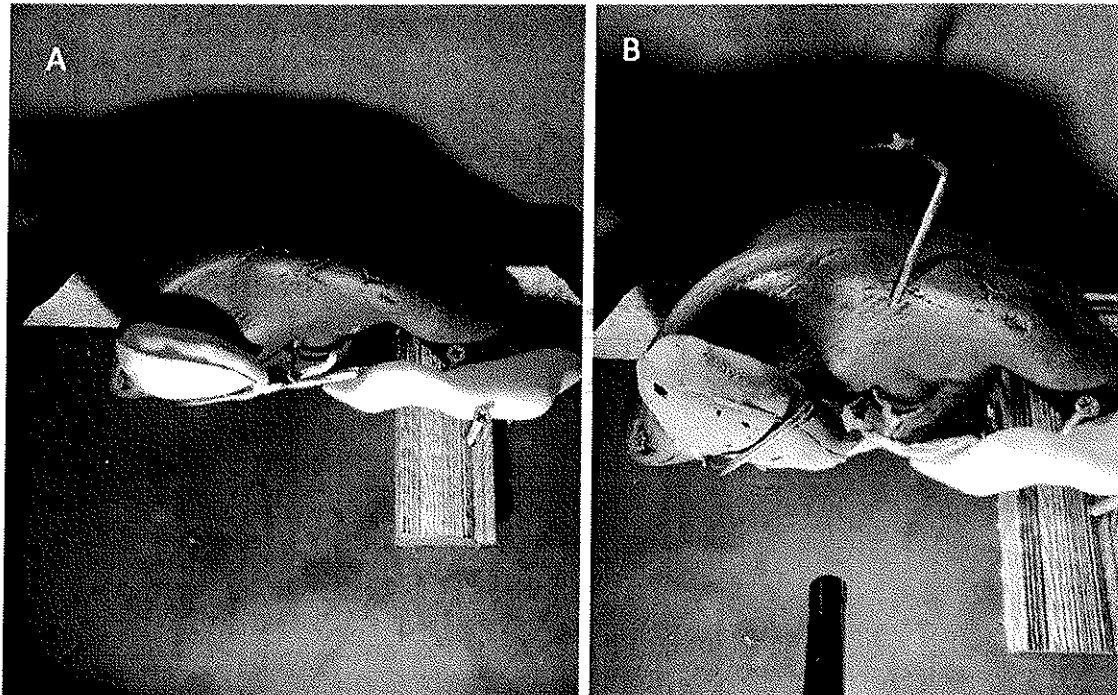


Para la creación de tejido conectivo de sostén para recrear la disección de los modelos creados se hizo uso de la solución de líquido mágico para limo de Elmer, con pegamento de la misma marca, en una razón de 2:1 (2 cc de pegamento con 1 cc de solución) además de administrar colorante amarillo, como se observa en la imagen C de la figura 4.

Se hizo una validación del prototipo con previa obtención de consentimiento informado de forma verbal para la participación de los residentes de cuarto y quinto año de cirugía general, una vez accediendo, utilizaron el Endotrainer valorando su experiencia en una escala Likert-5, obteniendo un total de 13 participantes.

A partir de los resultados, se realizaron cambios en los modelos según sus recomendaciones. Entre las recomendaciones más importantes, destaca la necesidad de mayor rigidez en el tejido de disección y una arteria cística anatómicamente normal para mejorar el realismo en general del procedimiento. En la figura 5 se pueden observar los cambios del modelo primero (A) y los cambios realizados en el modelo (B).

Figura 5. Diferencias entre los modelos después de la aplicación del primer cuestionario.

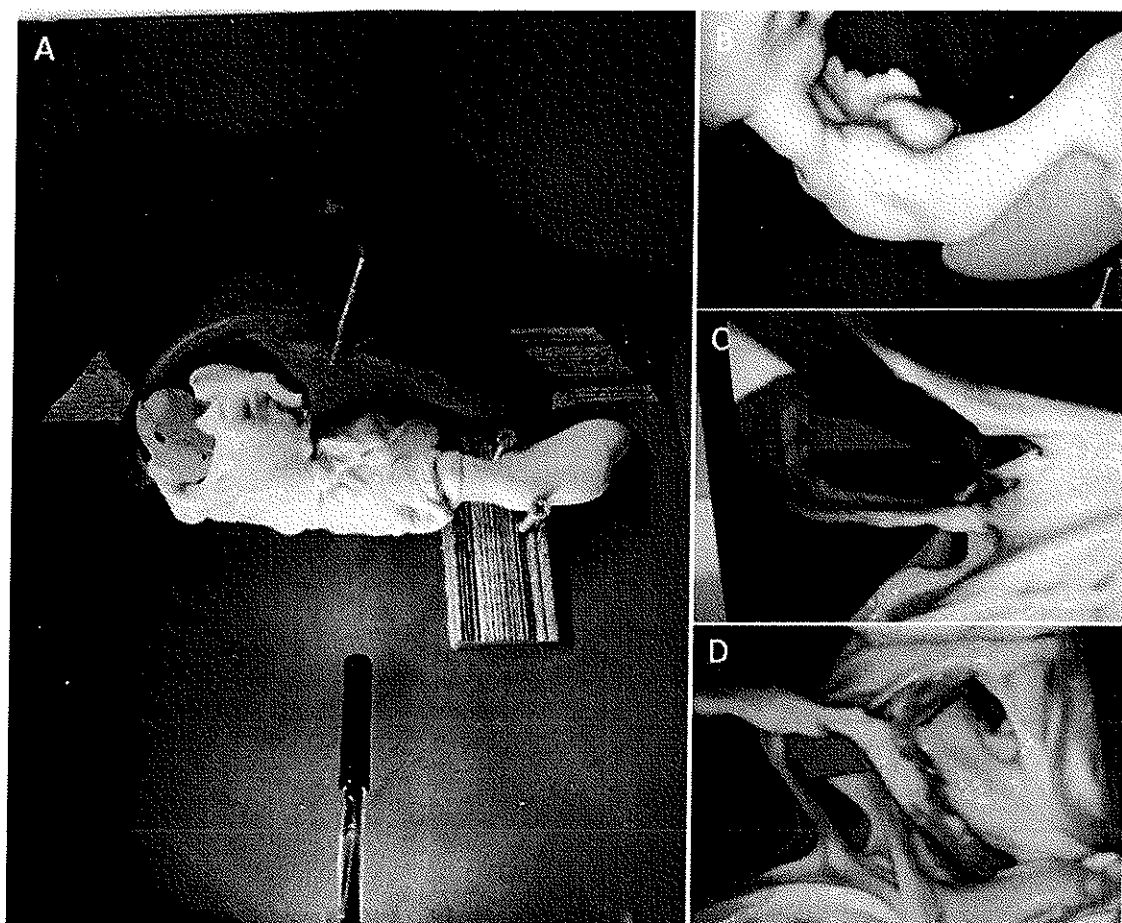


Una vez realizados los cambios, se procedió a aplicar una vez más, en la misma población, una valoración final del producto con una escala Likert-5, (Muy de acuerdo - Muy en desacuerdo) evaluando nuevamente la sensación del tejido, fuerza tensora, realismo en general y si recomendase el prototipo. (18, 19)

En la figura 6, se demuestra el modelo de impresión final previo a la disección (a), se muestra en las siguientes imágenes tomadas al monitor en la simulación de la cirugía, (b) la vía biliar y la vesícula recubiertas de tejido (c) la disección del

conducto cístico y la arteria cística, con la simulación de la ligadura de la arteria y (d) una disección intencionada del colédoco que demuestra el conducto cístico con entrada medial en el tercio medio del mismo, correspondiente a una vía biliar normal.

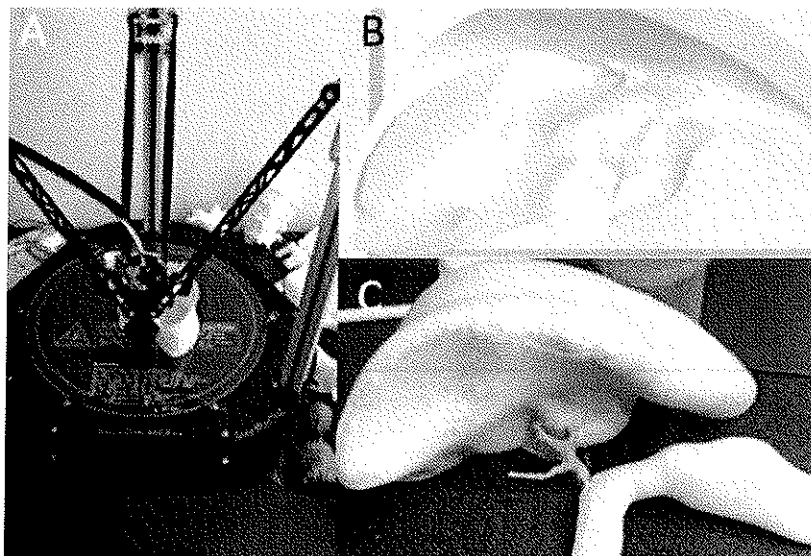
Figura 6. Modelo final. Simulación de la colecistectomía laparoscópica.



Definición de Especificaciones

Hígado: se segmentó desde una tomografía contrastada en fase portal venosa y se imprimieron los segmentos V y VI, para la simulación del procedimiento. Al momento del postprocesamiento del hígado con el programa Autodesk Meshmixer, se decidió modificar el contorno del segmento V para simular una leve tracción cefálica y posterior, misma que se realiza manera normal en el procedimiento de la colecistectomía laparoscópica. El material fue ABS, y se realizó mediante la impresora Rockstock Max V3 con técnica de extrusión de materiales. Se decidió para el ahorro de material y la posibilidad de poder ensamblar la vía biliar imprimir únicamente el contorno del hígado, así se dejaron los orificios correspondientes a la entrada de la vía biliar y la arteria cística. La figura 7 demuestra el momento de la impresión del hígado (a), el momento previo al postproceso en Meshmixer (b) y el modelo final adherido al duodeno con un prototipo de silicón de la vía biliar.

Figura 7. Procesamiento del contorno del hígado para la impresión 3D.



Además de los detalles previamente establecidos, para simular la tracción de la vesícula biliar realizada en el proceso de cirugía laparoscópica, se colocó un agarre metálico que sujeta la vesícula biliar y la mantiene fija, simulando un ayudante, para que el cirujano se enfoque en realizar la disección y reconocimiento de la vía biliar, este aditamento puede utilizarse según la preferencia de la técnica de cirugía laparoscópica. La vesícula biliar también puede colocarse en el tejido conectivo y no traccionarla (b), creando mayor dificultad en la disección, sin embargo, una situación real, cuando el procedimiento se realiza con un solo cirujano.

Duodeno: La impresión del duodeno fue similar al hígado. Se decidió segmentar su segunda porción desde una tomografía contrastada en fase venosa. Se imprimió el contorno con ABS mediante la impresora 3D Zortrax con técnica de extrusión de materiales, dejando un orificio para el ámpula de Váter, por el cual se introduce el modelo de colédoco de caucho de silicón.

Vesícula Biliar y Vía Biliar: Para la adquisición de los moldes anatómicos necesarios para poder realizar la simulación solicitada, se determinó que el material que se dispone para la impresión 3D en nuestra institución era demasiado rígido para poder ser utilizado.

Se decidió realizar la segmentación de la vía y la vesícula biliar desde la secuencia de CPRM, una secuencia con contraste en T2 diseñada específicamente para valorar la anatomía de la vía biliar y los conductos pancreáticos. El post procesamiento consistió en el posicionamiento de los

conductos y la vesícula biliar en un solo eje, para poder crear un molde que mantenga los detalles anatómicos. Los moldes fueron impresos con ABS mediante la impresora 3D Zortrax con técnica de extrusión de materiales. Se aplicó caucho de silicón, catalizador y un poco de color hasta llenar las dos partes del molde en su totalidad, sellándolas con tornillos o prensas. A las 6 horas, se tuvo el modelo anatómico de la segmentación realizada (Figura 3).

Para las variantes anatómicas, se decidió separar la vesícula biliar con el conducto cístico y la vía biliar. Las variantes que comprenden la inserción medial del conducto cístico no pueden ser simuladas por moldes completos divididos en dos partes por el trayecto del conducto. Utilizando las propiedades adherentes del silicón, un molde de la vesícula biliar con su conducto cístico fue requerido, una vez se obtuvo este modelo de silicón, el conducto cístico fue adherido en un segundo molde de la vía biliar, que posee un espacio para la colocar el conducto cístico previamente adquirido, y posteriormente repetir el depósito silicón con catalizador en el molde de la vía biliar. El resultado fue un modelo anatómico de silicón de una variante visualizada por resonancia magnética.

Arteria cística: La creación de una arteria cística se propuso a partir de los resultados obtenidos con la primera evaluación de los modelos. Desde una tomografía contrastada en fase arterial se segmentó la arteria cística anatómicamente normal, rama de la arteria hepática derecha. S

Tejido Conectivo: un reto de la investigación fue adquirir material que simulara el tejido que recubre el conducto cístico, la vía biliar y la arteria cística, comúnmente el ligamento hepatoduodenal correspondiente al omento menor y el peritoneo, además del tejido fibroso que conecta el cuello de la vesícula biliar con el hígado y el ligamento hepatoduodenal y el tejido entre la arteria y conducto cístico. Este tejido es separado al momento del procedimiento quirúrgico, para la disección del triángulo de Calot y el aislamiento correcto de la arteria cística. Para simular el tejido conectivo, se usó la solución de líquido mágico para limo de Elmer, con pegamento claro de la misma marca, en una razón de 2:1 (2 cc de pegamento con 1 cc de solución) además de administrar el colorante deseado, adquiriendo tejido disecable y que se adhiere a las estructuras en estudio. Un importante detalle en el estudio fue que el limo se derretía sobre los moldes después de 15 minutos del ensamblaje, algo que se aceleraba si le agregábamos el calor de las lámparas integradas al Endotrainer, como se visualiza en la figura 10. Este detalle se solucionó manteniendo el limo en refrigeración, con una temperatura de 25° C, su textura se mantenía similar al tejido conectivo y se retrasa substancialmente el tiempo en el que se derrite.

Figura 8. Tejido conectivo derretido sobre los moldes de la vía biliar.



Resumen De Manufactura De Cada Pieza.

Tabla 2. Parámetros de peso y volumen según material necesario para la creación de los moldes en estudio.

TIPO	MATERIAL	PESO O VOLUMEN
Hígado	ABS	53 gramos
Duodeno	ABS	11 gramos

Vesícula y Vía biliar	Caucho de silicon p53	26 gramos
Arteria cística	Caucho de silicon p53	9 gramos
Tejido conectivo	Limo de Elmer.	142 cc.
Molde para Vía y vesícula biliar	ABS	140 gramos
Molde para la arteria cística	ABS	25 gramos

Ensamblaje final del modelo

- A) Seleccionar las vías biliares solicitadas para el entrenamiento.
- B) Adherir la capa de silicón de la arteria cística a la vesícula biliar seleccionada para el entrenamiento.
- C) Introducir en el contorno hepático, a nivel del hilio, los conductos hepáticos derechos e izquierdos y las arterias hepáticas derechas e izquierdas en su

- respectiva ubicación anatómica. Colocar clips en la porción de los moldes que se encuentran en la cara interna del contorno hepático.
- D) Colocar la vesícula biliar sobre el material de sostén metálico en el contorno hepático si el cirujano así lo desea.
- E) Colocar los moldes del contorno hepático y el duodeno sobre su ubicación designada en el Endotrainer.
- F) Introducir el molde del colédoco en su ubicación anatómica sobre el duodeno.
- G) Colocar el limo en capas, rodeando el colédoco, la arteria y conducto cístico, la vesícula biliar y posteriormente todos juntos.
- H) Colocar la cámara endoscópica en la posición deseada, encender la luz del endotrainer y realizar procedimiento.

Pruebas Finales

Se aplicó el cuestionario Likert-5 valorando aspectos requeridos para validar los modelos como una alternativa de entrenamiento para la cirugía laparoscópica, en dos momentos del estudio. Se evaluó la sensación del tejido, la fuerza tensora, el realismo en general y si recomendasen los modelos. Anexo 1.

Análisis estadístico

Para el análisis descriptivo se determinaron medidas de tendencia central y se determinaron las frecuencias para las variables nominales.

Se utilizó Microsoft Excel 365 para la tabulación de los resultados y la creación de tablas y gráficos.

CAPITULO VIII

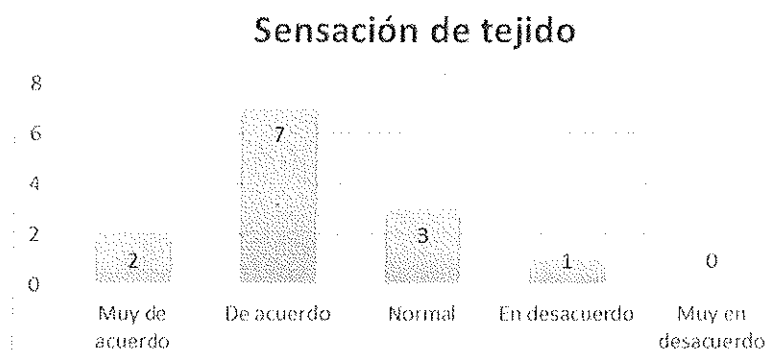
RESULTADOS

Se analizaron los resultados de los cuestionarios Likert-5 en los dos momentos diferentes del estudio, especificado en la figura 1. Se obtuvieron 13 participantes, residentes de cuarto y quinto año de cirugía general.

Primer momento del estudio.

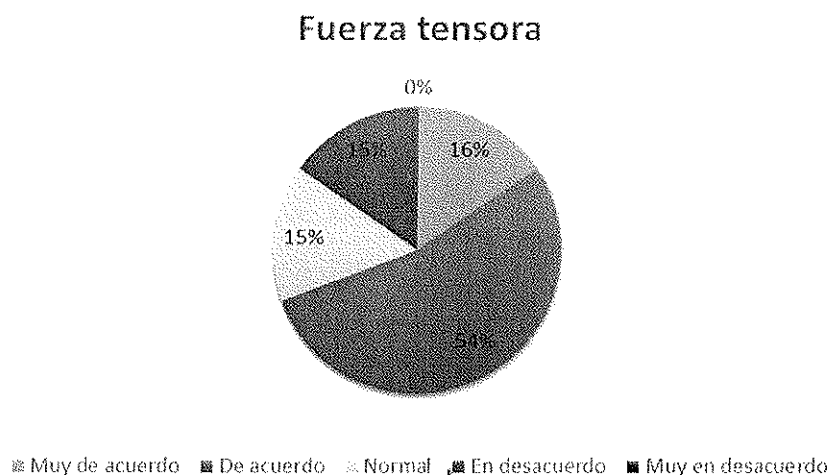
De los 13 cirujanos, 7 (54%) estuvieron de acuerdo con la sensación del tejido de los moldes, solamente 2 (15%) estuvieron muy de acuerdo, 3 (23%) ni de acuerdo ni en desacuerdo y 1 en desacuerdo (8%).

Figura 9. Sensación del tejido en los moldes en el primer momento del estudio.



Para la fuerza tensora, solamente 2 cirujanos (16%) estuvieron muy de acuerdo, mientras que 7 (54%) solo estuvieron de acuerdo. El resto, no estuvo de acuerdo ni en desacuerdo con la fuerza tensora (16%), o estuvo en desacuerdo con esta (16%).

Figura 10. Fuerza tensora en los moldes en el primer momento del estudio.



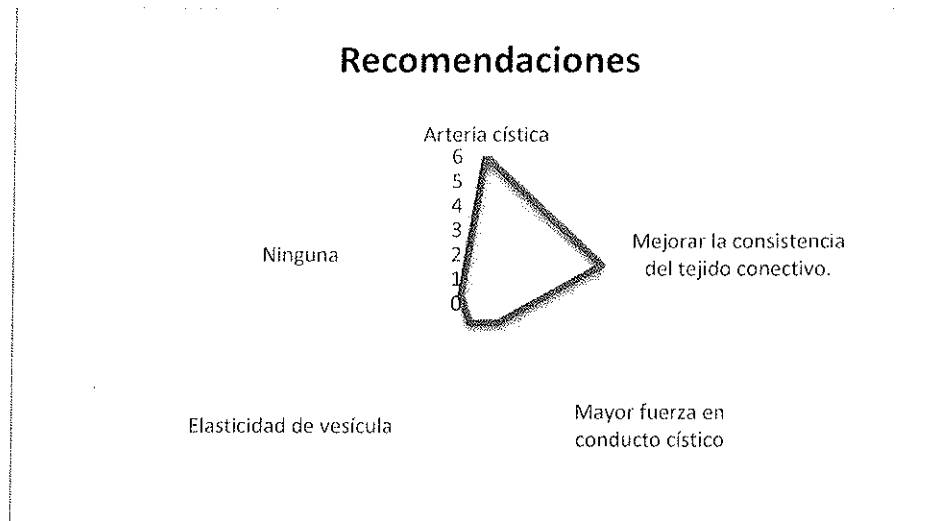
De los 13 cirujanos que evaluaron los moldes en la primera ocasión, 7 consideraron estar acuerdo o muy de acuerdo con el realismo en general (53%), el resto, consideró no estar ni de acuerdo ni en desacuerdo con los modelos (46%). A pesar de esto, 8 (61%) estuvieron muy de acuerdo y 4 (31%) de acuerdo en recomendar los moldes para la practica con el Endotrainer, el resto (8%), no estaba de acuerdo ni en desacuerdo de esto.

Tabla 3. Realismo en general y recomendar el equipo para el entrenamiento en la primera aplicación del cuestionario.

Valor	Realismo en General	Recomendaría el Equipo
Muy de acuerdo	5 (49%)	8 (61%)
De acuerdo	2 (15%)	4 (31%)
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	6 (46%)	1 (8%)
En desacuerdo	0	0
Muy en desacuerdo	0	0
Total.	13(100%)	13(100%)

En las recomendaciones que se hicieron en el primer momento del estudio, predominó la presencia de una arteria cística (46%), además de solicitar que el material que sirvió de tejido conectivo, el limo, tuviera una consistencia menos líquida (39%), para que su sensación al momento de la disección fuera mejor. La elasticidad de la vesícula biliar (8%) y un conducto cístico más fuerte (8%) fueron dos de las opiniones que se obtuvieron con poca frecuencia.

Figura 11. Recomendaciones a los modelos para la colecistectomía laparoscópica en el primer momento del estudio.

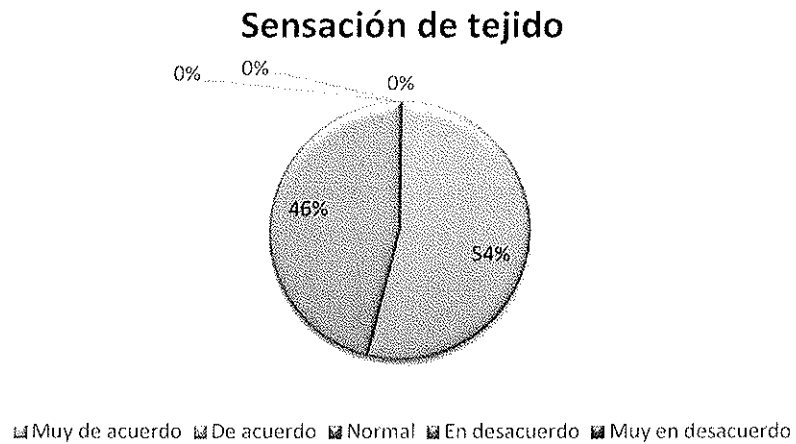


Segundo momento del estudio.

Se aplicó la misma encuesta Likert-5 a la misma población que evaluaron los modelos, aplicando las recomendaciones recibidas en el primer momento del estudio.

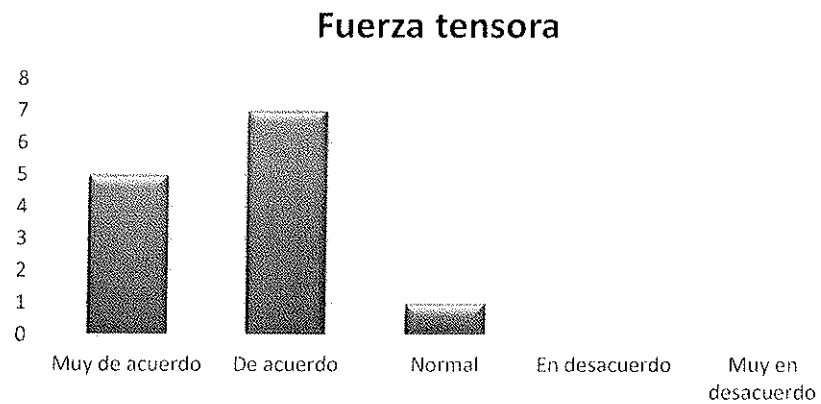
La sensación del tejido recibió una evaluación de buena (46%) a muy buena (54%). De los cirujanos encuestados, no existieron evaluaciones que no estuvieran de acuerdo o en desacuerdo, o menores.

Figura 12. Sensación del tejido en el segundo momento del estudio.



Para la fuerza tensora de los modelos en el segundo momento del estudio, los cirujanos estuvieron muy de acuerdo o de acuerdo con esta, con una frecuencia acumulada de 12 (92%). El resto 1 (8%), consideró no estar desacuerdo ni en desacuerdo con esta.

Figura 13. Fuerza tensora de los moldes en el segundo momento del estudio.



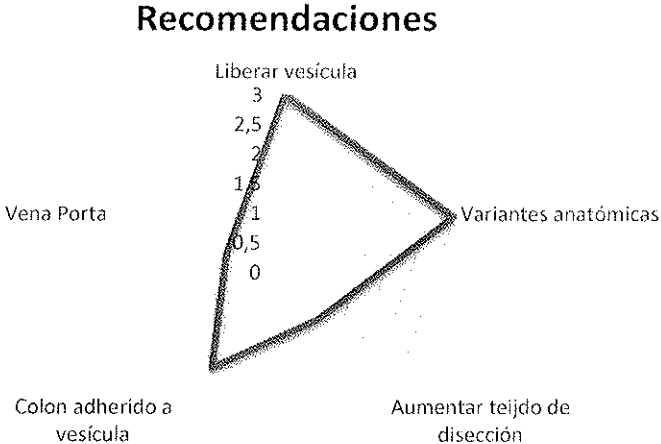
Los cirujanos estuvieron muy de acuerdo en un 61% con respecto al realismo en general, el 31% de ellos estuvieron de acuerdo, solamente uno estuvo ni de acuerdo ni en desacuerdo con esta (8%). Un 92% de los participantes considerarán estar muy de acuerdo en recomendar el equipo, el resto estuvo de acuerdo.

Tabla 4. Realismo en general y recomendar el equipo para el entrenamiento en el segundo momento del estudio.

Valor	Realismo en general	Recomendaría el prototipo
Muy de acuerdo	8 (61%)	12(92%)
De acuerdo	4 (31%)	1(8%)
Normal	1 (8%)	0
En desacuerdo	0	0
Muy en desacuerdo	0	0
Total	13(100%)	13(100%)

Las recomendaciones obtenidas en el segundo momento del estudio fueron liberar la vesícula biliar de su sostén hepático (23%), agregar múltiples variantes anatómicas (23%), aplicar más material para disección (8%) y agregar otras estructuras anatómicas como el colon (15%) o la vena porta (8%).

Figura 14. Recomendaciones a los modelos para la colecistectomía laparoscópica en el segundo momento del estudio.



CAPITULO IX

DISCUSIÓN

El papel de la impresión 3D a través de imágenes DICOM generadas y procesadas para un planeamiento quirúrgico requiere un equipo multidisciplinario que este familiarizado con las técnicas quirúrgicas, la tecnología que involucra el postproceso, los materiales necesarios y la adquisición a través de las imágenes anatómicas en DICOM generadas por los estudios de imagen. (1) En este estudio se demuestra que el conocimiento en conjunto de estas disciplinas puede crear modelos que proveen información en detalle y tangible sobre los estados anatómicos y así recrear un procedimiento lo muy recomendable (91%) para el entrenamiento de la cirugía laparoscópica con Endotrainer.

Como se ha demostrado en otras disciplinas, las técnicas que utilizan moldes de ABS para después aplicar silicón crean moldes anatómicos complejos de consistencia blanda a bajo costo (3), en este estudio se demuestra que si esto se aplica a la vesícula y la vía biliar se pueden recrear moldes con la sensación de tejido (100%) y fuerza tensora (92%) adecuada o muy adecuada para el entrenamiento de la cirugía laparoscópica con Endotrainer, contrastando además, con otros estudios donde expertos han validado cualitativamente la impresión 3D

para la simulación de procedimientos quirúrgicos y el entrenamiento de estos.
(18)(19)

Se debe recalcar que la metodología de investigación de un producto de investigación tecnológica debe tener como evaluador a la población para la que esta diseñada el producto, llevando a cabo una serie de fases para la construcción y validación de este. (9) En las fases de este estudio, se demuestra que la población solicita agregar a la arteria cística y mejorar el tejido de disección en un 46% y 39% respectivamente. Una vez realizados dichos cambios, en el segundo momento de la investigación, se obtiene una mejora significativa todos los parámetros de evaluación a comparación con el primer estudio.

La necesidad del desarrollo de nuevas competencias y habilidades quirúrgicas para el traslado a el quirófano datada en otros estudios, que se pronuncian sobre el entrenamiento con el Endotrainer, la morbilidad de la colecistectomía laparoscópica y las múltiples variantes anatómicas del conducto cístico que agregan dificultad al procedimiento (4)(5)(7)(6)(15), así como la practica de la técnica adecuada del procedimiento quirúrgico asignada a los posibles escenarios (20), se refleja en los resultados obtenidos en este estudio, demostrando que los modelos son muy adecuados (91%) para recomendar para la práctica quirúrgica, agregando que todas las recomendaciones en el segundo momento del estudio se enfocan en aumentar el nivel de dificultad del procedimiento, ya que solicitan otras estructuras, mayor cantidad de tejido conectivo, una vesícula biliar no traccionada o más variantes anatómicas.

CAPITULO X

CONCLUSIÓN

La impresión 3D es una herramienta de la Radiología que puede utilizarse para adquirir moldes anatómicos adecuados del conducto cístico para la simulación de la colecistectomía laparoscópica con Endotrainer, por lo que rechazamos nuestra hipótesis alterna y confirmamos nuestra hipótesis nula.

Para la simulación adecuada del procedimiento quirúrgico se requiere un equipo de trabajo multidisciplinario con conocimientos plenos sobre materiales, el postproceso y sobre todo anatómicos, siendo indispensable el Radiólogo para la obtención de imágenes.

El radiólogo debe familiarizarse en el uso de materiales alternativos para el tejido conectivo adecuado para la disección en el procedimiento y el ensamblaje de las piezas adquiridas en la impresión.

La metodología de impresión 3D con moldes de silicón es una variedad de bajo costo que puede ser utilizada en otros procedimientos y disciplinas para mejorar la curva de aprendizaje.

Se requieren realizar mas estudios diseñados para probar si la practica mediante estos modelos puede ayudar positivamente en trasladar habilidades quirúrgicas adquiridas mediante la simulación a los quirófanos, con el objetivo de disminuir la morbilidad de los procedimientos.

CAPITULO XI

BIBLIOGRAFÍA

1. Mitsouras, D., Liacouras, P., Imanzadeh, A., Giannopoulos, A. A., Cai, T., Kumamaru, K. K., ... & Ho, V. B. (2015). Medical 3D printing for the radiologist. *Radiographics*, 35(7), 1965-1988.
2. Bücking, T. M., Hill, E. R., Robertson, J. L., Maneas, E., Plumb, A. A., & Nikitichev, D. I. (2017). From medical imaging data to 3D printed anatomical models. *PloS one*, 12(5).
3. He, Y., Xue, G. H., & Fu, J. Z. (2014). Fabrication of low cost soft tissue prostheses with the desktop 3D printer. *Scientific reports*, 4(1), 1-7.
4. Tolino, M. J., Tartaglione, A. S., Sturletti, C. D., & García, M. I. (2010). Variedades anatómicas del árbol biliar: Implicancia quirúrgica. *International Journal of Morphology*, 28(4), 1235-1240.
5. Sarawagi R, Sundar S, Gupta SK, Raghuwanshi S. Anatomical Variations of Cystic Ducts in Magnetic Resonance Cholangiopancreatography and Clinical Implications. *Radiol Res Pract.* 2016;2016(vii):1-6. doi:10.1155/2016/3021484
6. Troncoso-Bacelis, A., Soto-Amaro, J., & Ramírez-Velázquez, C. (2017). Calentamiento en endotrainer previo a colecistectomía laparoscópica. *Cirugía y Cirujanos*, 85(4), 299-305.
7. Vassiliou, M. C., Ghitulescu, G. A., Feldman, L. S., Stanbridge, D., Leffondre, K., Sigman, H. H., & Fried, G. M. (2006). The MISTELS program to measure technical skill in laparoscopic surgery. *Surgical Endoscopy And Other Interventional Techniques*, 20(5), 744-747.

8. Hoang, D., Perrault, D., Stevanovic, M., & Ghiassi, A. (2016). Surgical applications of three-dimensional printing: a review of the current literature & how to get started. *Annals of translational medicine*, 4(23).
9. Ramírez León, C. (2011). Propuesta metodológica para el desarrollo de productos. *Pensamiento & Gestión*, (30).
10. Chimbo, K. M., Aveiga, H. L., Moreira, J. M., & Tumbaco, R. L. S. (2016). Los Beneficios de las Impresoras 3D como Herramienta de Innovación en la Medicina. *Caribeña de Ciencias Sociales*, 11.
11. Wohlers, T. (2013). Additive manufacturing and 3D printing state of the industry. *Wohlers Associates, Fort Collins, CO*, 6, 269-375.
12. Jarquín Arremilla, A., Vásquez Ciriaco, S., Díaz Hernández, P., Muñoz Hernández, O., Sánchez Guerrero, R., Geminiano Martínez, E., ... & Sandoval Martínez, M. D. (2013). Evaluación de la morbilidad y mortalidad de la colecistectomía laparoscópica con técnica de tres puertos en el Hospital Regional de Alta Especialidad de Oaxaca. *Cirujano general*, 35(1), 32-35.
13. Rivas, A. M., Vilanova, A. C., Perefferrer, F. S., González, M. H., & del Castillo Déjardin, D. (2010). Simulador de bajo coste para el entrenamiento de habilidades laparoscópicas básicas. *Cirugía Española*, 87(1), 26-32.
14. Premyodhin, N., Mandair, D., Ferng, A. S., Leach, T. S., Palsma, R. P., Albanna, M. Z., & Khalpey, Z. I. (2018). 3D printed mitral valve models: affordable simulation for robotic mitral valve repair. *Interactive cardiovascular and thoracic surgery*, 26(1), 71-76.
15. Lee, S., Ahn, J. Y., Han, M., Lee, G. H., Na, H. K., Jung, K. W., ... & Jung, H. Y. (2018). Efficacy of a three-dimensional-printed training simulator for endoscopic biopsy in the stomach. *Gut and liver*, 12(2), 149.
16. Agresta, F., Campanile, F. C., Vettoretto, N., Silecchia, G., Bergamini, C., Maida, P., ... & Esposito, M. G. (2015). Laparoscopic cholecystectomy: consensus conference-based guidelines. *Langenbeck's archives of surgery*, 400(4), 429-453.

CAPITULO XII

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

Claudio Alberto Casas Murillo

Candidato para el grado de especialista en Radiología

TESIS "IMPRESIÓN 3D DEL CONDUCTO CÍSTICO Y SUS VARIANTES
ANATÓMICAS PARA EL ENTRENAMIENTO DE CIRUGÍA LAPAROSCÓPICA
CON ENDOTRAINER"

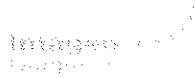
Campo de estudio: Ciencias de la salud

Biografía

Datos personales: Nacido en Monterrey, Nuevo León, el 18 de junio de 1988, hijo de Sara María Murillo Antúnez y Claudio Casas Tenorio.

Educación: Egresado de la facultad de medicina de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras, en el 2015, grado obtenido Doctor en Medicina y Cirugía.

ANEXOS



"Impresión 3D del Conducto Cístico y sus Variantes Anatómicas para el Entrenamiento de Cirugía Laparoscópica con Endotrainer"

1. Sensación del Tejido

☐ Muy de acuerdo ☐ De acuerdo ☐ Normal ☐ En desacuerdo ☐ Muy en desacuerdo

2. Fuerza Tensora

☐ Muy de acuerdo ☐ De acuerdo ☐ Normal ☐ En desacuerdo ☐ Muy en desacuerdo.

3. Realismo en general

☐ Muy de acuerdo ☐ De acuerdo ☐ Normal ☐ En desacuerdo ☐ Muy en desacuerdo.

4. Recomendaría el Prototipo

☐ Muy de acuerdo ☐ De acuerdo ☐ Normal ☐ En desacuerdo ☐ Muy en desacuerdo.

5. Recomendaciones

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS DE LA SALUD

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS DE LA SALUD

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS DE LA SALUD

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS DE LA SALUD

AVDA. DE LA UNIVERSIDAD